

### Ist die empirische Wissenschaft hierarchisch geordnet?

Balzer, Wolfgang

Veröffentlichungsversion / Published Version  
Zeitschriftenartikel / journal article

#### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Balzer, W. (1986). Ist die empirische Wissenschaft hierarchisch geordnet? *Allgemeine Zeitschrift für Philosophie*, 11(2), 25-37. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-52533>

#### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-NC-ND Lizenz (Namensnennung-Nicht-kommerziell-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

#### Terms of use:

This document is made available under a CC BY-NC-ND Licence (Attribution-Non Commercial-NoDerivatives). For more information see:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

# Ist die empirische Wissenschaft hierarchisch geordnet?

Wolfgang Balzer, München

Um diese Frage<sup>1</sup> präzise diskutieren zu können, müssen wir sagen, was wir erstens unter empirischer Wissenschaft und zweitens unter einer hierarchischen Ordnung verstehen. Vor allem der Begriff der empirischen Wissenschaft bereitet hier Schwierigkeiten. Zwar kann man die verschiedenen Wissenschaften einteilen. Wenn man aber genauer hinsieht, so stellt sich heraus, daß die Trennung zwischen empirisch und nicht-empirisch sich nicht an die bekannte Klassifikation hält, die sich etwa in der Aufteilung der Fächer an Universitäten manifestiert. Oft kommt es vor, daß in einer Disziplin sowohl empirische als auch dem Anspruch nach nicht-empirische Wissenschaft getrieben wird. In der theoretischen Ökonomie gibt es z. B. Autoren, die ihre Theorien mehr normativ denn empirisch ansehen. Und in der Literaturwissenschaft gibt es neben empirischen Vorgehensweisen, wie dem Zählen von Wörtern, auch solche, die keinen stark empirischen Eindruck machen, zum Beispiel hermeneutische.

Wenn wir die verschiedenen Wissenschaften weiter analysieren, stoßen wir auf Theorien als kleinste Einheiten, aus denen sich eine Wissenschaft in gewissem Sinn zusammensetzt. Auf der Ebene von Theorien sieht es so aus, daß die Unterscheidung zwischen empirischen und nicht-empirischen etwas leichter zu treffen ist. In der neueren Wissenschaftstheorie gibt es verschiedene Ansätze über die allgemeine Struktur empirischer Theorien.<sup>2</sup> Es wäre zu viel behauptet, wollte man sagen, daß diese Theoriebegriffe in allen Fällen zu einer klaren Entscheidung führen, ob ein Kandidat nun eine empirische Theorie ist oder nicht. Aber im Vergleich zur vorher erwähnten üblichen Einteilung der Wissenschaften liefern die wissenschaftstheoretischen Definitionen bessere Resultate. Wir wollen daher auf dem Niveau von Theorien als Analyseeinheiten bleiben und die verschiedenen Wissenschaften als Komplexe von Theorien ansehen.

1 Die vorliegende Arbeit entstand während meines Aufenthalts als Fellow am Netherland Institute for Advanced Studies (NIAS) 1982/83.

2 Eine Übersicht findet sich z. B. in W. Balzer und M. Heidelberger (Hg.), *Zur Logik empirischer Theorien*, Berlin 1983.

Etwas genauer kann man sich die Struktur eines solchen Komplexes so vorstellen: Die verschiedenen Theorien einer Wissenschaft bilden die Knoten eines Netzes, und dessen Fäden stehen für ihre Beziehungen.<sup>3</sup> Ob es zwischen einer ganzen Wissenschaft und der Ebene der Theorien, aus denen sie besteht, noch interessantere Zwischenstufen gibt, soll uns hier nicht beschäftigen. Wenn es sie gibt, so können wir sie im Bild eines Gesamtnetzes durch kleine Teilnetze repräsentiert vorstellen. Der Netzcharakter wird hierdurch jedenfalls nicht wesentlich verändert. Dasselbe gilt für die Beziehung der verschiedenen Wissenschaften untereinander. Wenn sich jede Wissenschaft als ein Netz von Theorien auffassen läßt, so können wir uns auch ein Gesamtnetz aller empirischen Wissenschaften vorstellen, in dem alle den einzelnen Wissenschaften entsprechenden Netze in irgendeiner Weise zusammengefügt sind. Im benutzten Bild besteht die Zusammenfügung darin, daß zwischen den Knoten verschiedener Teilnetze (Wissenschaften) neue Fäden gespannt werden, die zwischen den Teilnetzen hin und her laufen.

Läßt man sich auf dieses Bild der empirischen Wissenschaften ein, so ist es relativ einfach zu sagen, was man sich unter einer hierarchisch geordneten Wissenschaft vorstellen möchte. Unter den verschiedenen Fäden im Netz gibt es gewisse ausgezeichnete Fäden, welche eine „Voraussetzungsrelation“ darstellen. Wenn zwei Knoten, also zwei Theorien, durch einen solchen Faden verbunden sind, so wird man sagen, daß die eine Theorie die andere voraussetze. Das Gegenteil einer hierarchischen Ordnung liegt nun sicher vor, wenn im Netz Voraussetzungsrelationen so auftreten, daß die durch sie verbundenen Knoten einen Zirkel bilden. Ein Zirkel besteht dabei aus einer Menge von Knoten, die alle mit einem einzigen Faden so verbunden sind, daß man das ganze System aus Faden und Knoten auf einem geschlossenen Kreis anordnen kann. Natürlich bestehen normale Fischernetze aus lauter solchen Zirkeln. Insofern müssen wir beim Gebrauch des Bildes von Theorienetzen etwas vorsichtig sein.

Die schwächste Version eines Begriffs der hierarchischen Ordnung besteht einfach in der Negation des Auftretens von Zirkeln in einem Netz. Ein Netz, welches keine Zirkel enthält, nennen wir *hierarchisch geordnet*. Der typische Repräsentant einer solchen Struktur ist ein Stammbaum oder die graphische Darstellung einer echten Hierarchie, wie man sie aus den Sozialwissenschaften kennt.

3 Ein erster präziser Ansatz in dieser Richtung findet sich in W. Balzer und J. D. Sneed, *Generalized Net Structures of Empirical Theories*, in: *Studia Logica* 36/37 (1977/78) 195–211 und 167–194.

Wir beschränken unsere Betrachtungen hier bei Theorien-Netzen ganz auf die Voraussetzungsrelation. Andere Relationen, die in einem Netz zwischen Theorien bestehen oder bestehen können, werden vernachlässigt. Wir betrachten also im folgenden nur den Fall, daß eine Theorie eine andere voraussetzt.

Damit haben wir unser Thema in zweierlei Hinsicht eingeschränkt und präzisiert. Statt von empirischer Wissenschaft reden wir von Theorien, zwischen denen unter anderen eine Voraussetzungsrelation besteht, und unter einer hierarchisch geordneten Wissenschaft verstehen wir ein Netz von Theorien, welches bezüglich der Voraussetzungsrelation hierarchisch geordnet, also zirkelfrei ist. Bei den Theorien werden wir zunächst nur annehmen, daß sie jeweils durch eine Klasse von Modellen gegeben sind.

Man kann gegen diesen Ansatz einwenden, daß er doch ziemlich gewaltsam sei und die in den Wissenschaften vorfindbaren Verhältnisse in ein zu starres Schema presse. Wir meinen dagegen, daß die bisher gemachten Voraussetzungen äußerst schwach sind. Wir meinen zugleich, daß es schwierig ist, im Bereich der empirischen Wissenschaften auf Teilbereiche oder Resultate hinzuweisen, die man *nicht* in die Form von Theorien bringen kann, jedenfalls, wenn wir unter Theorie nur eine Klasse von Modellen verstehen. Anders lautende Behauptungen, vor allem aus den Sozialwissenschaften, zielen stets auf ganz spezielle Theoriebegriffe ab, wie z. B. den einer prädikatenlogischen Theorie erster Stufe. Wir betonen, daß wir hier keine solchen einschränkenden Voraussetzungen bezüglich des Theoriebegriffs machen.

Alles weitere wird nun davon abhängen, wie wir die Voraussetzungsrelation genauer auffassen. Hier gibt es sicher verschiedene Möglichkeiten. Die Sprache selbst bietet schon viele verschiedene Ausdrücke an. So kann man z. B. reden vom „Aufbau einer Theorie auf einer anderen“, vom „Zugrundeliegen einer Theorie“, von „Vortheorien“, von „begrifflichen Verknüpfungen“. Um unserer schließlich zu treffenden Wahl den Anschein der Willkür zu nehmen, gehen wir kurz auf die historische Entwicklung ein, die die Voraussetzungsrelation in der Wissenschaftstheorie der letzten 50 Jahre durchgemacht hat. Speziell erweisen sich dabei drei Phasen als wichtig, die Phase des logischen Empirismus, die Phase der Diskussion um Sneed's Buch „*The Logical Structure of Mathematical Physics*“<sup>4</sup> und eine dritte Phase, die durch weitere Fortschritte hinsichtlich des Theoretizitätsbegriffs gekennzeichnet ist.

4 J. D. Sneed, *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht 1971, <sup>2</sup>1979

Die logischen Empiristen verfolgten das Programm, eine einheitliche, umfassende Sprache aufzubauen, in der sich alle empirischen Wissenschaften nachzeichnen lassen. Den Aufbau der Sprache stellten sie sich in zwei Schritten vor. Erstens werden bestimmte Terme der Sprache ausgezeichnet, die sogenannten Beobachtungsterme. Zweitens werden die restlichen Terme, die sogenannten theoretischen Terme, in irgendeiner, hier nicht näher zu spezifizierenden Weise auf Beobachtungsterme zurückgeführt. Beobachtungsterme sind Terme, die in sog. Beobachtungssätzen vorkommen, und Beobachtungssätze sind Sätze, deren Wahrheit man durch direkte Beobachtung, durch bloßes Hinsehen, d. h. mit Hilfe sinnlicher Wahrnehmung allein, herausbekommen kann. Zum Beispiel ist der Satz „Diese Tafel ist grün“ – unter geeigneten Bedingungen geäußert – ein Beobachtungssatz. Neben den Beobachtungstermen trifft man in vielen Theorien Terme an, die der direkten Beobachtung nicht zugänglich sind, also theoretische Terme, wie z. B. „Gen“, „Atom“, „Kraft“, „Feld“.

Die Wissenschaftssprache zerfällt also in Beobachtungsterme und in theoretische Terme, wobei der theoretische Teil der Sprache auf der Beobachtungssprache aufbaut. In der Redeweise über Theorien ausgedrückt, könnte man sagen, daß die in der Beobachtungssprache formulierte Teiltheorie von der ganzen Theorie vorausgesetzt werde. Wesentlich ist hier, daß die Unterscheidung zwischen Beobachtungstermen und theoretischen Termen am Anfang des empiristischen Programms steht. Die Unterscheidung bildet eine Voraussetzung, ohne die das ganze Programm wenig Sinn macht.

Carnap und Hempel haben in späteren Arbeiten<sup>5</sup> diese Zweiteilung der Sprache durch eine feinere Unterteilung ersetzt. So versuchte Carnap, theoretische Terme durch Ketten bedingter Definitionen einzuführen, wobei in jeder Definition die Bedingung den Anwendungsbereich der Definition abgrenzt und einschränkt. Jede Definition wird auf der Basis einer bereits konstruierten Teilsprache eingeführt, so daß wir auch hier wieder eine Voraussetzungsrelation haben. Ganz ähnlich baut Hempel eine Wissenschaftssprache als eine Folge von Schritten auf, bei der jeweils auf einem „vorgängig verfügbaren“ Vokabular neue theoretische Terme eingeführt werden. Sowohl bei Carnap als auch bei Hempel erhält man eine Hierarchie bezüglich einer geeignet definierten Voraussetzungsrelation.

5 R. Carnap, *Testability and Meaning*, New Haven <sup>2</sup>1954, sowie C.G. Hempel, *The Meaning of Theoretical Terms. A Critique of the Standard Empiricist Construal*, in: P. Suppes, L. Henkin, A. Joja, G.C. Moisil (Hg.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science IV*, Amsterdam–London 1973, 367–378

Der wichtige Punkt hierbei ist, daß die Unterscheidung zwischen dem, was jeweils vorausgesetzt wird, und den neu einzuführenden theoretischen Termen als jeweils klar vorliegend unterstellt wird. Man setzt einfach voraus, daß man bei jedem Schritt eine zugrundeliegende Sprache oder Theorie schon vorgegeben hat. Auch in diesem feineren Bild ist also die Voraussetzungsrelation selbst nicht Gegenstand der Analyse. Sie wird als begrifflich klar und als im konkreten Fall effektiv unterscheidbar unterstellt.

Etwas drastischer kann man sagen, daß im Logischen Empirismus die Frage nach der hierarchischen Ordnung der empirischen Wissenschaft zwar positiv beantwortet wird, aber in trivialer Weise. Man findet die positive Antwort nämlich nicht im Rahmen des empiristischen Programms und der dort gemachten Untersuchungen. Vielmehr geht das Programm von Anfang an davon aus, daß die empirische Wissenschaft hierarchisch geordnet ist: nur unter dieser Voraussetzung macht es überhaupt Sinn.

Erst in der kritischen Reaktion auf den Empirismus wurde klar, daß die Voraussetzung einer Hierarchie keineswegs so selbstverständlich ist, wie die Empiristen glaubten. Im Gegenteil: die Zweistufen-Theorie der Wissenschaftssprache und damit auch die feinere hierarchische Einstellung bildeten einen zentralen Gegenstand der Kritik.<sup>6</sup> Es wurde kritisiert, daß die Unterscheidung zwischen Beobachtungssprache und theoretischer Sprache unklar und unbegründet sei. Sie werde einfach vorausgesetzt, werde nirgends präzisiert, und es sei auch fraglich, ob sie überhaupt sinnvoll sei. Zum Beispiel wies Hanson darauf hin, daß es überhaupt keine echten Beobachtungsterme gebe, daß vielmehr die ganze Sprache einer Theorie theorienbeladen sei. Das heißt, daß auch atomare Sätze erst im Lichte der ganzen Theorie ihre volle Bedeutung erlangen.

Man wandte sich vom logischen Empirismus ab, weil er zu stark von philosophischen Voraussetzungen ausging und der wissenschaftlichen Praxis zu wenig Beachtung schenkte. Stattdessen wandte man seine Aufmerksamkeit zunächst einmal dem zu, was tatsächlich in der Wissenschaft vor sich geht, insbesondere dem Studium wissenschaftlicher Theorien.

Daß es in empirischen Theorien so etwas wie eine Voraussetzungsrelation gibt, wurde auch von den meisten Gegnern des Empirismus nicht geleugnet. Zumindest gibt es kaum Autoren, die sich mit dieser Frage explizit befassen. Im allgemeinen Wandel der Betrachtungsweise wurde nun die Voraussetzungsrelation selbst mehr und mehr zum Gegenstand der Analy-

6 Vgl. etwa P. Achinstein, *The Problem of Theoretical Terms*, in: *American Philosophical Quarterly* 2 (1965) 193–203, und N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge 1972, stellvertretend für viele andere.

se. Einen entscheidenden Schritt stellte hier das schon genannte Buch von Sneed dar, mit dem die zweite, Sneed'sche Phase in der Diskussion um eine hierarchische Ordnung begann.

Sneed führte in seinem Buch *The Logical Structure of Mathematical Physics* ein Kriterium ein, nach dem man in einer Theorie zwischen theoretischen und nicht-theoretischen Termen unterscheiden kann. Die Unterscheidung wird dabei nicht vorausgesetzt, sondern durch Betrachtung der Theorie ermittelt. Um das Kriterium zu verstehen, ist es nötig, kurz auf den von Sneed entwickelten und benutzten Theorienbegriff einzugehen.<sup>7</sup> Nach Sneed besteht eine empirische Theorie unter anderem aus einer Klasse potentieller Modelle, einer Klasse von Modellen, einer Klasse partieller potentieller Modelle und einer Menge intendierter Anwendungen. Dabei sind die potentiellen Modelle Strukturen für eine bestimmte Sprache, man könnte sagen, es sind die möglichen Systeme, die sich in einer bestimmten Sprache beschreiben lassen. Im allgemeinen besteht ein potentielles Modell aus verschiedenen Mengen von Objekten zusammen mit verschiedenen Relationen oder Funktionen zwischen diesen Objekten. In den echten Modellen sind darüberhinaus die inhaltlichen Bedingungen erfüllt, die durch die Axiome der Theorie ausgedrückt werden. Partielle potentielle Modelle erhält man aus potentiellen Modellen, indem man in letzteren die theoretischen Terme wegläßt. Natürlich muß man dazu wissen, welche Terme theoretisch sind. Genau diese Unterscheidung liefert das Sneed'sche Theoretizitätskriterium. Die intendierten Anwendungen schließlich repräsentieren die Menge aller realen Systeme, über die die Theorie etwas aussagen soll. Es wird vorausgesetzt, daß die intendierten Anwendungen die Form partieller Modelle haben, daß sie also mit den nicht-theoretischen Begriffen der Theorie beschreibbar sind. Normalerweise haben die verschiedenen Relationen und Funktionen, die in den Modellen einer Theorie vorkommen, bestimmte Namen. In Modellen der Mechanik z. B. gibt es eine Massenfunktion, eine Kraftfunktion usw. Die Wörter „Masse“, „Kraft“ usw. sind sprachliche Terme, welche in verschiedenen Modellen verschiedene Funktionen bezeichnen können. Man sagt auch, die Funktionen in den Modellen seien „Realisierungen“ oder „Interpretationen“ des Terms oder seien „unter ihn subsumierbar“. Wir werden hier jedoch nicht genau unterscheiden zwischen einem Term und einer Realisierung desselben, sondern wir werden auch Realisierungen

7 Vgl. auch W. Balzer, *Empirische Theorien*. Modelle, Strukturen, Beispiele, Braunschweig-Wiesbaden 1982, für eine elementare Einführung in den – inzwischen „strukturelistisch“ genannten – Sneed'schen Theorienbegriff.

von Termen einfach als Terme bezeichnen. Die so entstehende Mehrdeutigkeit vereinfacht die Darstellung beträchtlich und läßt sich bei genauerer Betrachtung stets eliminieren.

Das Sneed'sche Theoretizitätskriterium lautet nun wie folgt. Ein Term ist relativ zu einer gegebenen Theorie *theoretisch*, wenn er in jeder intendierten Anwendung nur unter der Voraussetzung gemessen werden kann, daß die Theorie in irgendeiner Anwendung bereits gültig ist. Anders gesagt: ein Term ist theoretisch in einer Theorie, wenn bei jeder Messung für den Term die Theorie bereits als gültig vorausgesetzt werden muß. Eine Situation, wie sie im Kriterium angesprochen wird, erscheint zunächst paradox.<sup>8</sup> Analysiert man aber reale Meßmethoden, so stellt man fest, daß oftmals in der Tat der Meßapparat oder der Meßprozeß als Modell der betrachteten Theorie aufgefaßt wird, und daß man zur Messung Formeln benutzt, die die Axiome der Theorie beinhalten. Das Sneed'sche Kriterium wurde viel diskutiert und kritisiert, aber hier ist nicht der geeignete Ort, um in diese Diskussion einzutreten.

Das Sneed'sche Theoretizitätskriterium eröffnet die Möglichkeit, eine neue Voraussetzungsrelation zu betrachten und zu definieren. Wir sagen, die Theorie *T setze die Theorie T' voraus*, wenn irgendeiner der T-nicht-theoretischen Terme in *T'* theoretisch ist. Man beachte, daß die Theoretizität bzw. Nicht-Theoretizität in beiden Theorien jeweils relativ zu diesen Theorien zu verstehen ist. Nur so kann es überhaupt Sinn machen, von *einem* Term zu sagen, er sei theoretisch und zugleich nicht-theoretisch, nämlich, wenn er theoretisch in Bezug auf *T* und nicht-theoretisch in Bezug auf *T'* ist. Im Lichte des Sneed'schen Kriteriums hat die so definierte Voraussetzungsrelation eine direkte Beziehung zur Messung und damit zum Test der Theorie. Will man nämlich die Theorie testen, so muß man in intendierten Anwendungen ihre Terme messen. Die *T*-theoretischen Terme werden unter Voraussetzung der Gültigkeit von *T* selbst gemessen und sind daher für einen Test der Theorie nicht sehr hilfreich. Einzig die nicht-theoretischen Terme lassen sich unabhängig von der vorliegenden Theorie bestimmen. Fragen wir aber, wie ein solcher nicht-theoretischer Term bestimmt wird, so ist die nächstliegende Antwort: mit einer anderen, von *T* verschiedenen Theorie *T'*. Meist ist der Term dann in *T'* sogar theoretisch, d. h. bei jeder Bestimmung des Terms muß man *T'* benutzen. Die gerade definierte Voraussetzungsrelation betrifft genau dieses Verhältnis. Eine Theorie *T'*, mit deren Hilfe man einen Term messen kann, der dann beim Test einer anderen Theorie *T* als bekannt und als *T*-nicht-theoretisch

8 Sneed spricht von einem „Problem der theoretischen Terme“.



angesehen wird, dient als Vortheorie der letzteren Theorie und wird damit von dieser vorausgesetzt. Ein einfaches Beispiel für dieses Verhältnis bildet die Mechanik, bei der man die Kinematik als Vortheorie ansehen kann. Die in der Mechanik nicht-theoretische Ortsfunktion, die die Partikelbahnen darstellt, ist in der Kinematik theoretisch. Somit setzt die Mechanik die Kinematik voraus.

Es liegt nahe, die eingeführte Voraussetzungsrelation etwas allgemeiner zu fassen, denn oft findet man Beispiele, in denen nicht einfach ein Term von einer Theorie unverändert in die andere übergeht. Ein typisches Beispiel für eine solche Beziehung ist die Gleichung, die den hydrostatischen Druck mit dem Quotienten der Ableitungen von Energie und Volumen in der Thermodynamik identifiziert („ $P = -\partial U/\partial V$ “). Die Hydrostatik ist eine Vortheorie der Thermodynamik in dem Sinn, daß sie der Thermodynamik sozusagen den Begriff des Drucks liefert, zumindest für einige Anwendungen. Die betrachtete Gleichung stellt zwischen den beiden Theorien eine Beziehung her, die ich begriffliche Verknüpfung nenne. Wenn wir ganz allgemein eine *begriffliche Verknüpfung* als eine beliebige Relation zwischen den potentiellen Modellen der beiden involvierten Theorien ansehen, dann können wir die Voraussetzungsrelation unter Zuhilfenahme begrifflicher Verknüpfungen in allgemeinerer Weise definieren, wenn wir zuvor festlegen, was es heißt, daß eine begriffliche Verknüpfung einen bestimmten Term betreffe. Die im Beispiel genannte begriffliche Verknüpfung betrifft in diesem Sinn die drei Terme Druck, Energie, Volumen. Im allgemeinen kann man sich eine begriffliche Verknüpfung stets als durch eine Formel gegeben denken, und die Verknüpfung *betrifft* dann alle in der Formel wesentlich auftretenden Terme. Die verallgemeinerte Voraussetzungsrelation, die sich mit Hilfe von Sneys Kriterium und begrifflichen Verknüpfungen definieren läßt, ist nun die folgende. Eine Theorie T *setzt* die Theorie T' *voraus*, wenn es eine begriffliche Verknüpfung zwischen beiden Theorien und Terme *in* den beiden Theorien gibt, so daß die Verknüpfung (mindestens) die beiden Terme betrifft und der eine Term in T nicht-theoretisch, der andere in T' theoretisch ist. Anstelle des identischen Übergangs eines Terms von der vorausgesetzten Theorie T' in die Theorie T tritt hier ein durch eine begriffliche Verknüpfung vermittelter Übergang. Man geht unter Benutzung der begrifflichen Verknüpfung über von einem in der vorausgesetzten Theorie theoretischen Term zu einem in der anderen Theorie nicht-theoretischen Term. Natürlich kann man hierbei nicht alle logisch möglichen begrifflichen Verknüpfungen berücksichtigen, sonst würde die Voraussetzungsrelation auf viele nicht-intendierte Theorienpaare zutreffen. Vielmehr muß man sich

auf eine vorgegebene Menge intendierter begrifflicher Verknüpfungen beschränken, die in der jeweiligen Disziplin und in deren Literatur auch wirklich eine Rolle spielen.

Die Menge der empirischen Theorien wird zusammen mit der Voraussetzungsrelation zu einem Netz. Man sieht nun, daß die Frage, ob dieses Netz Zirkel enthält oder hierarchisch geordnet ist, eine neue Qualität bekommen hat. Man kann sie nun nämlich sozusagen empirisch untersuchen. Dazu sind natürlich weitere Voraussetzungen nötig, aber diese sind, wie schon am Anfang gesagt, nicht so einschränkend. Man muß annehmen, daß man es mit einer Menge von Theorien zu tun hat, bei denen man die Unterscheidungen in potentielle Modelle, Modelle, partielle potentielle Modelle und intendierte Anwendungen treffen kann, und man muß weiter voraussetzen, daß eine Menge begrifflicher Verknüpfungen zwischen diesen Theorien vorgegeben ist. Unter diesen Annahmen kann man unsere Definition der Voraussetzungsrelation anwenden. Man muß in den verschiedenen Theorien untersuchen, welche der Terme theoretisch und welche nicht-theoretisch sind und man muß prüfen, für welche Theorienpaare es begriffliche Verknüpfungen gibt, die einen theoretischen Term der einen Theorie und einen nicht-theoretischen Term der anderen betreffen. Bei jedem solchen Theorienpaar liegt dann die Voraussetzungsrelation vor. Praktisch ist das Verfahren allerdings nicht so leicht durchzuführen, weil das Sneed'sche Theoretizitätskriterium erstens noch etwas vage ist und zweitens einen Allquantor enthält, der über Messungen oder Meßverfahren in den intendierten Anwendungen läuft. In der Regel hat man keinen guten und schon gar keinen vollständigen Überblick über alle in einer Theorie zulässigen Meßverfahren.

Wir brauchen uns hier aber nicht mit diesen Schwierigkeiten auseinanderzusetzen, weil wir uns als nächstes einer Modifikation des Sneed'schen Ansatzes zuwenden, bei der diese pragmatischen Schwierigkeiten nicht mehr gravierend sind.

Wir kommen damit zur dritten und letzten Phase, die in etwa mit einer Verbesserung des Theoretizitätskriteriums in Gähde's Buch: *T-Theoretizität und Holismus*<sup>9</sup> begann. Wir werden versuchen, Gähde's Kriterium kurz zu skizzieren. Dabei werden wir an der ursprünglichen Fassung einige Modifikationen vornehmen, die die Darstellung erleichtern. Intuitiv ist nach dem neuen Kriterium ein Term *theoretisch* in einer Theorie T, wenn es in Modellen der Theorie eine Bestimmungsmöglichkeit für diesen Term gibt. Das heißt genauer, es gibt Modelle der Theorie, in welchen man den

9 U. Gähde, *T-Theoretizität und Holismus*, Frankfurt/Main – Bern 1983

Term bestimmen kann. Statt von Bestimmung wollen wir lieber von Messung reden, damit ein Anschluß an die Sneed'sche Formulierung leichter fällt. Und Modelle, in denen eine Messung möglich ist, nennen wir Meßmodelle. Wir betrachten im folgenden einen fest vorgegebenen Term. Was ist ein Meßmodell für diesen Term?

Unsere Untersuchungen über Messung<sup>10</sup> haben gezeigt, daß ein Meßmodell mindestens zwei Eigenschaften haben muß. Erstens muß in ihm der betreffende Term eindeutig durch die anderen Komponenten des Modells bestimmt sein. Man wird noch weitergehend verlangen, daß der Term sich auch aus den anderen Termen des Modells effektiv berechnen läßt. Zweitens muß ein Meßmodell neben den Axiomen der Theorie weitere, gesetzesartige Formeln erfüllen. Solche Formeln entsprechen meist bestimmten Meßmethoden, und wir wollen eine Klasse von Meßmodellen, die durch eine derartige Formel charakterisiert wird, als Meßmethode bezeichnen. Die Gesetzesartigkeit der Formel garantiert in der Regel die Wiederholbarkeit oder Reproduzierbarkeit der Messung. Wenn man die Gesetze kennt, nach denen ein System, ein Meßapparat abläuft, dann ist es oft möglich, ein solches System künstlich herzustellen. Insgesamt können wir also sagen, daß ein Meßmodell für einen Term dadurch charakterisiert ist, daß in ihm der Term eindeutig bestimmt und berechenbar ist und daß das Modell zu einer Meßmethode für diesen Term gehört.

Würden wir nun einen Term als theoretisch in einer Theorie definieren, wenn es in der Theorie Meßmodelle für ihn gibt, so wären fast alle Terme theoretisch. Die entscheidende Idee, die zu einem adäquaten Kriterium führt, besteht darin, die zulässigen Meßmodelle weiter einzuschränken, indem man die Klasse der Meßmethoden weiter einschränkt, und zwar durch Invarianzbedingungen.

Man erhält ein adäquates Theoretizitätskriterium, wenn man nur Meßmethoden zuläßt, die bezüglich des betrachteten Terms die gleiche Invarianz wie die Theorie selbst haben. Diese Wendung hat folgende Bedeutung. Normalerweise ist in einem Modell der Theorie der betrachtete Term, d. h. die ihn realisierende Funktion, nicht eindeutig bestimmt. Man kann anstelle dieser Funktion andere Funktionen in das Modell einsetzen, ohne die Axiome zu verletzen, d. h. so, daß nach der Ersetzung weiterhin ein Modell vorliegt. Wir nennen solche Ersetzungen *zulässig*. Nimmt man also in einem Modell für den betrachteten Term eine zulässige Ersetzung vor,

10 Siehe W. Balzer und C. U. Moulines, *On Theoreticity*, in: *Synthese* 44 (1980) 467–494, W. Balzer, *Theory and Measurement*, in: *Erkenntnis* 19 (1983) 3–25, und W. Balzer, *Theorie und Messung*, Berlin-Heidelberg-New York 1985.

so ist das Resultat wieder ein Modell. Die Klasse aller derart zulässigen Ersetzungen gibt den *Spielraum* an, den der Term in der Theorie hat. Oft kann man diesen Spielraum durch eine Klasse von Transformationen erfassen. Man sagt dann, die Theorie sei invariant unter solchen Transformationen. Daß eine Meßmethode bezüglich des betrachteten Terms die gleiche Invarianz wie die Theorie hat, definieren wir nun dadurch, daß zulässige Ersetzungen nicht aus der Meßmethode herausführen, d. h. daß die Meßmethode im dargestellten Sinn invariant unter zulässigen Ersetzungen ist. Anders gesagt: wenn man in einem Meßmodell, also einem Element der Meßmethode, eine zulässige Ersetzung vornimmt, dann ist das Resultat wieder ein Meßmodell, welches zur gleichen Meßmethode gehört.

Das neue Theoretizitätskriterium lautet nun genauer wie folgt. Ein Term ist in der Theorie *theoretisch*, wenn es ein Meßmodell für ihn gibt, welches zu einer Meßmethode gehört, die bezüglich des Terms die gleiche Invarianz wie die Theorie hat. Umgekehrt gibt es für einen nicht-theoretischen Term keine bezüglich dieses Terms invariante Meßmethode in der Theorie.

Die Stärke der Beschränkung auf invariante Meßmethoden zeigt sich, wenn man beweisen will, daß ein Term nicht-theoretisch ist. Man muß dann beweisen, daß es keine invariante Meßmethode für ihn gibt. In den Beispielen läßt sich tatsächlich ein formaler Beweis finden, wenn man von der Invarianzforderung Gebrauch macht. Es ist z. B. nicht möglich, in der Mechanik die Ortsfunktion durch eine Meßmethode zu messen, die bezüglich der Ortsfunktion die gleiche Invarianz wie die Mechanik selbst hat. Die einschlägige Invarianz ist nämlich die Galilei-Invarianz. In einer Galilei-invarianten Meßmethode kann man aber die Ortsfunktion nur bis auf Galilei-Transformationen eindeutig messen, so daß keine echte Meßmethode vorliegt.<sup>11</sup>

Mit Hilfe des neuen Theoretizitätskriteriums läßt sich nun wieder eine Voraussetzungsrelation (relativ zu vorgegebenen Theorien und vorgegebenen begrifflichen Verknüpfungen zwischen diesen) definieren. Die Defi-

11 In W. Balzer, Theorie und Messung, findet sich eine präzise Behandlung dreier Beispiele hinsichtlich des neuen Theoretizitätskriteriums. Es wird dort *bewiesen*, daß in der klassischen Partikelmechanik Masse und Kraft, in der klassischen Stoßmechanik die Masse und in der reinen Tauschwirtschaft die Preise und End- („Gleichgewichts-“)verteilungen theoretisch sind, während in der ersten Theorie die Ortsfunktion, in der zweiten die Geschwindigkeiten und in der dritten Ausgangsverteilung und Nutzenfunktion jeweils nicht-theoretisch sind.

nition ist formal genau dieselbe wie vorher. Relativ zu vorgegebenen begrifflichen Verknüpfungen *setzt* Theorie T die Theorie T' *voraus*, wenn es eine begriffliche Verknüpfung von T und T' sowie Terme t und t' gibt, so daß 1) die begriffliche Verknüpfung t und t' betrifft, 2) t ein Term von T und t' ein Term von T', 3) t T-nicht-theoretisch und 4) t' T'-theoretisch ist, wobei T-Theoretizität nach dem gerade geschilderten Kriterium zu beurteilen ist.

Mit diesem neuen Kriterium wenden wir uns nun wieder der Frage der hierarchischen Ordnung zu. Im Gegensatz zum Sneed'schen Kriterium ist das neue Kriterium völlig formal. *Wenn* eine Theorie in axiomatisierter Form vorliegt, dann kann man *formal beweisen*, welche Terme in dieser Theorie theoretisch sind und welche nicht. Gemeinsam ist beiden Kriterien, daß die Unterscheidung zwischen theoretischen und nicht-theoretischen Termen von einer gegebenen Theorie ausgeht und nicht – wie bei den Empiristen, als intuitiv klar – einfach vorausgesetzt wird.

Genau wie beim Sneed'schen Kriterium ist es auch hier wieder möglich, unter relativ schwachen Voraussetzungen die Frage nach der hierarchischen Ordnung in präziser Weise zu formulieren. Man nimmt an, daß die empirische Wissenschaft als eine Menge von Theorien darstellbar ist. Bei jeder dieser Theorien kann man durch Anwendung des Theoretizitätskriteriums – nunmehr in rein formaler Weise – herausfinden, welche Terme der Theorie theoretisch und welche nicht-theoretisch sind. Dabei kann es auch vorkommen, daß keine echte Unterscheidung vorliegt, d. h. daß entweder alle Terme theoretisch sind oder alle Terme nicht-theoretisch. In einem weiteren Schritt sammelt man nun diejenigen Theoriepaare, die in der Voraussetzungsrelation zueinander stehen und schließlich stellt man fest, ob die erhaltene Voraussetzungsrelation Zirkel aufweist oder nicht. (Man beachte, daß nach unserer Definition sogar ein Zirkel mit nur zwei Theorien, T und T', bezüglich der Voraussetzungsrelation möglich ist.) Ist die Voraussetzungsrelation zirkelfrei, so liegt eine hierarchische Ordnung vor, andernfalls eben nicht. Wiederum ist die Beantwortung unserer Frage damit zu einer quasi empirischen Aufgabe geworden. Man braucht nur die existierenden Darstellungen der verschiedenen Theorien so weit zu präzisieren, daß das Theoretizitätskriterium anwendbar wird. Der Rest ist dann reine Rechenarbeit.

Anders als beim ursprünglichen Sneed'schen Kriterium stellt nunmehr die Rekonstruktion existierender Theorien eine Hauptschwierigkeit dar. Denn zur Anwendung des formalen Theoretizitätskriteriums müssen die Theorien auch sehr präzise charakterisiert sein. Um beweisen zu können, daß ein Term in einer Theorie theoretisch ist, muß man die Axiome dieser

Theorie genau kennen. Wer einmal versucht hat, eine noch nicht in axiomatisierter Form existierende Theorie selbst zu axiomatisieren, der weiß, wie wenig trivial eine solche Aufgabe ist. Im einfachen Fall besteht die Schwierigkeit darin, zu entscheiden, welche Aussagen man als Axiome betrachten soll und welche nicht. Schwieriger wird es, wenn auch die Auswahl der Grundbegriffe nicht durch die existierenden Darstellungen festgelegt wird. Im schlimmsten Fall hat man einen umfangreichen, nicht reduzierbaren Text vor sich, so daß es ohne zusätzliches Wissen und ohne eine gewisse Willkür praktisch unmöglich ist, das formale Theoretizitätskriterium anzuwenden.

Obwohl man solch ausufernde Theorien tatsächlich antrifft, würden wir den Hinweis auf ihre Existenz nicht als Einwand gegen unseren Vorschlag ansehen, die Frage nach Hierarchien auf ein Theoretizitätskriterium zurückzuführen. Meistens verdichten sich im Laufe der Zeit empirische Theorien, falls sie interessant genug sind, um eine ständige Beschäftigung mit ihnen hervorzubringen, immer mehr, bis sie zum Schluß axiomatische Form annehmen.

Wir möchten daher behaupten, daß die Frage nach der hierarchischen Ordnung der empirischen Wissenschaft durch die Ergebnisse der Wissenschaftstheorie in letzter Zeit zu einer präzisen und sinnvollen Frage geworden ist, die man mit typisch wissenschaftstheoretischen Mitteln beantworten kann und um deren Beantwortung man sich auch bemühen sollte. Damit ist unser Hauptziel erreicht, nämlich nachzuweisen, daß wir es hier mit einem wohldefinierten Problem zu tun haben. Nach der Präzisierung der Frage ist es nun natürlich besonders interessant, zu überlegen, wie denn die Antwort wirklich lautet. Sicher ist es im Moment verfrüht, eine definitive Antwort zu erwarten. Wir überschauen nur einen viel zu kleinen Teil der etablierten empirischen Theorien. Man kann bisher nur auf sehr kleine Teilnetze hinweisen, in denen die Verhältnisse in eindeutiger Weise zutagegetreten. Zum Beispiel ist die Menge der Vorthorien der klassischen Mechanik hierarchisch geordnet. Die nächste, hier anschließende Frage nach den Verhältnissen in der allgemeinen Relativitätstheorie können wir derzeit nicht eindeutig beantworten. Ein weiteres positives Beispiel liefert die Hierarchie der Vorthorien der statistischen Mechanik.

*Prof. Dr. W. Balzer, Seminar für Philosophie, Logik und Wissenschaftstheorie, Universität München, Ludwigstr. 31, D-8000 München 22*